

Approved For Release STAT
2009/08/31 :
CIA-RDP88-00904R000100130

declassified

Approved For Release
2009/08/31 :
CIA-RDP88-00904R000100130



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF/15/P 2671

USSR

ORIGINAL: RUSSIAN

подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ
ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР И
ДАВЛЕНИЙ

В.А.Кириллин, С.А.Ульбин

За последние годы, в связи с развитием атомной техники, тяжелая вода находит широкое применение в ядерных реакторах. Для расчета реакторов, работающих с применением тяжелой воды, требуется знание ее теплофизических свойств в широкой области давлений и температур.

Проведенные до настоящего времени исследования ограничивались сравнительно низкими температурами и давлениями. С целью частичного восполнения пробела, существующего в определении теплофизических параметров тяжелой воды, в Московском энергетическом институте в 1957-1958 годах было проведено исследование удельных объемов тяжелой воды при давлениях от 100 до 500 атм и температурах от 250 до 500°C. Результаты работы могут быть полезными в практических расчетах.

Экспериментальная установка

Настоящая работа выполнена по методике, разработанной в Московском энергетическом институте в 1950 году В.А.Кириллиным.

Выбор методики обусловлен рядом ее преимуществ, из которых главными являются следующие:

I. Возможность сравнительно быстрого проведения эксперимента; в настоящей работе исследование одной изотермы (12-14 опытных точек), включая разогрев установки до необходимой температуры, занимало в среднем 18-20 часов;

25 YEAR RE-REVIEW

-2-

2. Простой способ обеспечения неизменного количества и объема исследуемого вещества в течение опыта, при использовании для измерения давления поршневого манометра, имеющего неизбежную утечку в зазор между стенками цилиндра и штоком;

3. Значительно более удобная обработка экспериментального материала и возможность с относительно высокой степенью точности вычислить теплосодержания и энтропии по полученным значениям удельного объема.

Наибольшей трудностью в установках по определению удельных объемов является сохранение постоянства количества исследуемого вещества и занимаемого им объема в процессе опыта. Для измерения давления исследуемого вещества с необходимой высокой степенью точности наиболее подходящим прибором является поршневой манометр. Однако, как уже сказано, поршневой манометр имеет пропуск масла в зазор между поршнем и стенками цилиндра высокого давления и поэтому не может быть соединен непосредственно с объемом исследуемого вещества. В ряде опытов, проводившихся ранее, постоянство объема исследуемого вещества поддерживалось с помощью запирающей жидкости (обычно - ртути). Но такой способ обеспечения постоянства количества и объема исследуемого вещества связан с большими неудобствами при производстве эксперимента.

В описываемой методике исследования постоянство объема сохранялось с помощью специального устройства, основанного на использовании дифференциального манометра.

Схема экспериментальной установки представлена на фиг. № I.

Исследуемое вещество (тяжелая вода) находится в толстостенном пьезометре (I), имеющем цилиндрическую форму и способном выдержать высокое давление. Пьезометр изготовлен из нержавеющей стали марки ЭЯ1Т, наружный диаметр пьезометра - 120 мм, внутренний - 40 мм. Объем пьезометра при нормальных условиях составляет приблизительно 423 см³.

Пьезометр был выполнен неразгруженным от давления; однако, как показали опыты, проведенные в МЭИ, точность экспериментальных результатов при этом практически не снижалась. Отсутствие специального устройства для разгрузки пьезометра позволяет значительно упростить установку и технику проведения эксперимента. Пьезометр помещен в терmostатирующий блок, отлитый из красной меди. Для получения

-3-

Хорошего контакта между поверхностями блока и пьезометра, посадка медного блока производилась в горячем состоянии.

С помощью толстостенного стального капилляра пьезометр соединен с пружинным манометром (4). Корпус манометра помещен в специальный толстостенный сосуд, способный выдержать высокое давление. Во внутренней полости сосуда создавалось давление всего лишь на несколько атмосфер меньшее, чем в пьезометре с исследуемым веществом. Таким образом, помещенный в сосуд манометр работал как дифференциальный и измерял сравнительно малую разность давлений.

В качестве дифференциального манометра применялся обычный малогабаритный пружинный манометр со шкалой 10 атм. Отсчет показаний дифференциального манометра производился через специальное смотровое окно, выполненное из плексиглаза толщиной около 30 мм. Через другое аналогичное окно производилось подсвечивание шкалы дифференциального манометра.

Таким образом, давление исследуемого вещества (тяжелой воды), заключенного в пьезометре, определялось как сумма атмосферного барометрического давления, давления в толстостенном сосуде, предназначенном для пружины дифференциального манометра и измерявшемся с максимальной степенью точности поршневым манометром, и давления, отсчитанного по шкале дифференциального манометра.

Пружина дифференциального манометра, соединенная капилляром с внутренней полостью пьезометра, служила запирающим элементом, сохраняющим постоянство объема исследуемого вещества и исключающим возможность его утечки.

В средней части толстенного капилляра был вверен вентиль, через который производился выпуск воды.

Пьезометр, через вентиль (B2), был соединен с пружинным манометром, по которому во время подготовки к опыту производилось наблюдение за изменением давления в пьезометре. Если вентили (B2) и (B3) были открыты, то давления в пружине и корпусе дифференциального манометра выравнивались; это делалось до начала опыта, при разогреве установки.

Давление в коммуникациях установки создавалось и поддерживалось двумя прессами: поршневым (I2) и винтовым (II).

Винтовым прессом производилась тонкая регулировка давления.

-4-

В качестве вспомогательной жидкости использовалось масло. Отделение воды от масла производилось в специальной разделительной емкости (8).

Нагрев воды в пьезометре производился электрическими нагревателями, выполненными из никромовой проволоки. Основной нагреватель наматывался на медный блок. Для равномерного обогрева пьезометра намотка нагревателя производилась с соблюдением постоянства шага между витками. Между блоком и нагревателем прокладывался слой слюды. На торцах пьезометра также устанавливались нагреватели, выполненные в виде спиралей, помещенных на керамические каркасы.

Под нижним торцевым нагревателем на толстостенном капилляре был смонтирован водяной холодильник.

Мощность всех нагревателей регулировалась с помощью лабораторных автотрансформаторов. Регулировка производилась вручную. Кроме этого, в цепь основного нагревателя был включен электронный стабилизатор напряжения.

Для получения результатов необходимой высокой точности необходимо было поддерживать постоянство температуры по всему объему пьезометра. С этой целью в различных местах по высоте пьезометра были установлены пять хромель-альмалевых термопар. Отсчет показаний термопар производился с помощью потенциометра. Постоянство температуры поддерживалось регулированием мощности торцевых и основного нагревателей. Кроме этого, перед проведением каждого опыта постоянство температурного поля по рабочей длине пьезометра проверялось путем перемещения измерительного термометра сопротивления по специальной канавке между медным блоком и пьезометром.

Пьезометр вместе с медным блоком был покрыт толстым слоем асбестовой изоляции и помещался в металлический кожух.

Измерение температуры при проведении опытов производилось термометром сопротивления, изготовленным из платины диаметром 0,1 мм марки спектрально-чистая, расположенным в средней части пьезометра. Отсчет показаний термометра производился с помощью пятидекадного потенциометра первого класса и высокочувствительного зеркального гальванометра.

Перед проведением опытов термометр был отградуирован во Все-сюзном научно-исследовательском институте стандартов, мер и измерительных приборов. Сопротивление термометра R_0 в продолжение опытов неоднократно проверялось.

Измерение давления масла в системе производилось поршневым ма-

-5-

нометром системы М.К.Жоховского, с пределом измерений 1000 атм, предварительно отградуированным во Всесоюзном научно-исследовательском институте стандартов, мер и измерительных приборов.

Перепад давления между пьезометром и масляной системой установки, как уже отмечалось выше, измерялся пружинным дифференциальным манометром. С целью повышения точности отсчета показаний дифференциального манометра, последний был снабжен специальной шкалой с большим числом делений и предварительно тарировался по поршневому манометру класса 0,02. При этом удавалось измерять перепад давления по дифференциальному манометру с точностью 0,1 атм.

Необходимым условием для получения надежных результатов является полная герметичность установки, особенно в части, заполненной исследуемым веществом; поэтому перед проведением опытов установка была опрессована на давление 600 атм.

Методика измерения удельного объема

Для определения удельного объема воды при определенных параметрах необходимо знать объем рабочей части пьезометра при этих параметрах и вес находящегося в нем вещества. Под объемом рабочей части пьезометра понимается тот объем, содержание которого имеет неизменную температуру опыта.

Объем пьезометра при нормальных условиях определялся по весу обычной воды, полностью его заполнившей. Определение объема пьезометра при нормальных условиях производился следующим образом. При закрытом вентиле (В2) из установки через вентиль (В1) при помощи форвакуумного насоса откачивался воздух. По достижении разряжения порядка 755-758 мм рт.столба откачки прекращалась, и установка через тот же вентиль (В1) заполнялась предварительно прокипяченным дистиллятом. Так как откачка воздуха форвакуумным насосом не могла привести к полному удалению его из пьезометра и так как даже незначительное количество оставшегося воздуха существенно влияло бы на точность эксперимента, откачуку воздуха необходимо было производить неоднократно. Для этого пьезометр нагревался до температуры 100-120°С, и откачука воздуха повторялась. Такая операция производилась до тех пор, пока пьезометр не оказывался практически полностью эвакуированным.

-6-

После полного удаления воздуха объем пьезометра при нормальных условиях определялся по весу заполняющей его воды. Для этого вентиль (В2) закрывался, и включались нагреватели. По мере разогрева установки и повышения давления, вода из пьезометра выпускалась в специальный стеклянный сосуд под слой масла. Нагрев пьезометра производился до 300-350°С, и давление сбрасывалось до атмосферного. Вся вытекшая из установки вода взвешивалась на аналитических весах I класса точности.

Так как при нагревании пьезометра часть толстостенного капилляра, соединяющего пьезометр с дифференциальным манометром, также нагревалась, необходимо было учесть дополнительный выпуск воды за счет нагрева капилляра. С этой целью на капилляре переменной температуры были зачеканены 3 хромель-алюминевые термопары, показания которых отсчитывались с помощью потенциометра. Зная объем капилляра, имеющего переменную температуру, легко было рассчитать количество выпущенной из него воды вследствие нагрева.

Количество пара, оставшегося в пьезометре после сброса давления до атмосферного, определялось с помощью таблиц водяного пара.

Таким образом, количество воды, заполнившее пьезометр при нормальных условиях, определялось как

$$G = G_{вып} - G_{кап} + G_{пара},$$

где G - вес воды, находившейся в рабочей части пьезометра при нормальных условиях, $G_{вып}$ - выпущенное количество воды,

$G_{кап}$ - количество воды, вышедшее из капилляра вследствие его нагрева, $G_{пара}$ - количество пара, оставшееся в пьезометре после сброса давления.

В настоящей работе определение объема пьезометра производилось неоднократно как во время проведения опытов, так и во время наладки установки.

При проведении опытов при параметрах, отличных от нормальных, вводились поправки на изменение объема пьезометра вследствие теплового расширения и на изотермическую деформацию. Максимальная величина суммарной поправки не превосходила 2% от начального объема. Если к тому же учесть, что коэффициент линейного расширения и модуль упругости стали ЭЯИТ хорошо известны в широком диапазоне температур и

-7-

давлений, то ясно, что неточности, допущенные при введении поправок, не могли существенно повлиять на точность эксперимента.

Опыты по определению удельных объемов воды производились по изотермам. Перед нагревом пьезометра до температуры опыта вентили (B3) и (B2) были открыты, а вентиль (B6) закрыт. При этом давление в полости пружины дифференциального манометра и снаружи ее всегда было одинаковым. По мере нагрева пьезометра и повышения давления в нем, избыточная вода выпускалась через вентиль (B1). Первый режим, устанавливаемый на данной изотерме, характеризовался максимальным давлением опыта.

При установившемся температурном режиме в коммуникациях установки с помощью поршневого пресса создавалось давление, примерно равное давлению воды в пьезометре, и после этого открывался вентиль (B6). Вентиль (B2) закрывался, и тем самым обеспечивалось постоянство количества исследуемого вещества в пьезометре и его объем. После открытия вентиля (B7) включался в работу поршневой манометр.

Контроль за постоянством температуры избранного режима производился с помощью термометра сопротивления и потенциометрической схемы, а контроль за постоянством давления — по шкале дифференциального манометра. Режим считался установившимся, если показания приборов не менялись в течение 15–20 мин. После занесения в журнал всех необходимых данных осуществлялся переход на следующий режим, при меньшем давлении воды в пьезометре. С этой целью некоторое количество воды из пьезометра выпускалось и взвешивалось.

Обычно на одной изотерме замерялось 10–14 экспериментальных точек при различных давлениях. Последний выпуск воды производился до давления на несколько десятых долей выше атмосферного. Оставшееся количество воды в пьезометре определялось по таблицам водяного пара для обычной воды с учетом разности молекулярных весов обычной и тяжелой воды.

Для определения количества воды, которое находилось в пьезометре при данных условиях, достаточно было сложить веса воды последующих выпусков. При этом учитывалось количество воды, вышедшее как из той части капилляра, которая имела переменную температуру, так и из той части капилляра, которая имела неизменную температуру.

При проведении наладочных опытов на обычной воде было обнаружено, что объем трубки дифференциального манометра не остается

-8-

постоянным при различных перепадах давления. Чтобы учесть количество жидкости, вытесняемое из пружины манометра, были проведены специальные опыты. Однако при проведении эксперимента на тяжелой воде перепад на дифференциальном манометре создавался минимальный, не более 1 атм, вследствие чего поправки, связанные с непостоянством объема пружины манометра были минимальными.

Точность экспериментальных данных

В настоящей работе определены значения удельных объемов тяжелой воды на следующих изотермах: 250, 300, 350, 360, 369, 371, 372, 380, 400, 450 и 500°C . Всего снято 131 экспериментальное значение удельных объемов в интервале давлений от 100 ата до 500 ата. Точность полученных значений удельных объемов может быть оценена, исходя из точности отдельных измерений.

Как уже указывалось, измерение температуры в опыте производилось термометром сопротивления, изготовленным из платины марки спектрально-чистая, с помощью пятидекадного потенциометра. Максимально возможная ошибка при этом могла составить $0,01^{\circ}\text{C}$. Если учесть, что колебания температуры во время опыта составляли ± 1 деление последней декады потенциометра, то максимально возможная ошибка, определяемая некоторыми изменениями температуры составит $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$. Кроме этого, возможная неравномерность температуры по длине пьезометра могла составить максимально $0,01^{\circ}\text{C}$. В результате получается, что максимально возможная ошибка в определении температуры опыта не превышает $0,05^{\circ}\text{C}$.

Избыточное давление воды в пьезометре складывалось из показаний поршневого и дифференциального манометров. Чувствительность поршневого манометра составляла величину порядка 1 г, что по давлению соответствует $0,025 \text{ кг}/\text{см}^2$. Ошибка измерений перепада давления по дифференциальному манометру не превышала 0,1 ата. Таким образом, суммарная максимальная ошибка в измерении давления не превышала величины порядка 0,125 ата.

Кроме этого, точность измерения температуры и суммарного давления была проверена специальными опытами путем снятия кривой насыщения обычной воды до температур, близких к критической; при этом расхождение в значениях давлений, полученных в опыте и табличных, не превышало 0,05%.

-9-

Взвешивание количества выпущенной воды производилось на аналитических весах с точностью до 10^{-4} гр, при этом вводилась поправка на взвешивание гирь в пустоте. Так как до настоящего времени значения удельных объемов тяжелой воды были неизвестны, то поправки, учитывающие изменение воды в капиллярах переменной и комнатной температурах рассчитывались по табличным значениям удельных объемов обычной воды с учетом разности молекулярных весов. Аналогично рассчитывалась поправка на количество пара, остающегося в полости пьезометра после последнего выпуска. Так как величины поправок незначительны по сравнению с количеством выпускаемой из пьезометра воды, точность опыта при этом существенно не менялась.

Что касается адсорбции пара стенками пьезометра, то, как показали опыты на обычной воде, при аналогичных параметрах, она незначительна.

Перед проведением исследований с тяжелой водой работа установки была проверена специальными опытами на обычной воде в области, весьма близкой к критической точке. Полученные при этом данные имели хорошее согласие с ранее полученными значениями удельных объемов.

Исходя из всего сказанного, максимальную погрешность можно оценить в 0,3%.

Кривая насыщения и критические параметры тяжелой воды

Кривая насыщения тяжелой воды экспериментально исследовалась неоднократно (л.1, 2,3,4). В этих исследованиях было обнаружено существенное различие в давлениях насыщения обычной и тяжелой воды, причем это различие изменялось с изменением температуры.

При температурах ниже 220°C давление насыщенного пара обычной воды выше, чем у тяжелой. Так, при температуре 50°C это превышение составляет величину порядка 11%. При температуре ниже 220°C различие в давлениях насыщения обычной и тяжелой воды уменьшается, и при температуре приблизительно равной 220°C оно исчезает вовсе.

При дальнейшем увеличении температуры выше 220°C давление насыщенного пара тяжелой воды становится больше давления насыщения обычной воды. Это превышение сохраняется вплоть до температуры, равной критической, и по величине возрастает с увеличением температуры.

-10-

Таким образом, кривая насыщения тяжелой воды пересекает кривую насыщения обычной воды при температуре близкой к 220°C . Во всем диапазоне температур от 0°C до критической точки ($\frac{dP}{dT}$)_S тяжелой воды имеет большую величину, чем у обычной воды.

Большинство экспериментальных работ по исследованию давления насыщения тяжелой воды ограничено областью небольших давлений. В 1956 году была проведена работа (л.5) по исследованию давления насыщения паров тяжелой воды в области температур выше 200°C .

В настоящей работе определено 13 экспериментальных значений давлений насыщения паров тяжелой воды на изотермах 300, 350, 360, 369, и 371°C . В табл. I приведены значения этих давлений. Расхождение в давлениях насыщения, полученных в настоящей работе, со значениями (л.5) различно при различных температурах. На изотерме 300 и 350°C значения давлений, полученных в нашей работе, несколько выше значений, полученных в работе (л.5). При температурах, более близких к критической, картина несколько меняется; на изотермах 360, 369 и 371°C значения давлений, полученных в настоящей работе, несколько ниже давлений (л.5). (фиг.2).

Критические параметры тяжелой воды определялись в работах (л.5, 6). Полученные при этом значения критических давлений и температур разнятся между собой. По данным работы (л.6) значение критической температуры $371,5^{\circ}\text{C}$, по данным работы (л.5) $t_{kp} = 370,9^{\circ}\text{C}$; расхождение составляет $0,6^{\circ}\text{C}$.

В настоящей работе специального определения критических параметров тяжелой воды не проводилось. Однако определение большого количества экспериментальных значений удельных объемов в области близкой к критической позволяет сделать некоторые выводы.

На изотерме 371°C , по нашим данным, в $P-V$ -диаграмме получается горизонтальный участок при давлении 221,4 ата, следовательно, критическая температура тяжелой воды расположена выше 371°C .

На изотерме 372°C горизонтального участка в $P-V$ -диаграмме не обнаруживается; следовательно, критическая температура ниже 372°C . Таким образом, можно сделать вывод, что критическая температура тяжелой воды лежит между значениями 371 и 372°C . Это хорошо согласуется с результатами работы (л.6). Величина критической температуры, полученная в работе (л.5), видимо, занижена.

-II-

Удельные объемы тяжелой воды

Значения удельных объемов тяжелой воды, полученные в данной работе, приведены в таблице 2. Давление выражено в технических атмосферах, температура в $^{\circ}\text{C}$, удельные объемы в $\text{см}^3/\text{г}$.

На фиг.3 приведена $P-\gamma$ диаграмма в области давлений от 150 до 500 атм. и объемов до 10 $\text{см}^3/\text{г}$. Ряд экспериментальных точек, расположенных при давлениях ниже 150 ата или имеющих объем больше 10 $\text{см}^3/\text{г}$, на диаграмме не приведен.

Наибольшее количество экспериментальных значений удельных объемов приходится на область больших плотностей (область воды) и на область близкую к критической точке. Это связано с тем, что в области близко расположенной к критической точке, значения удельных объемов тяжелой воды наиболее резко отличаются от удельных объемов обычной воды. В области паровой фазы отклонения становятся более плавными, хотя по величине большими, чем в области воды.

Из рассмотрения $P-\gamma$ диаграммы следует, что экспериментальные значения удельных объемов хорошо укладываются на плавные кривые. Разброс экспериментальных точек незначителен. Особенно хорошо это видно в области больших плотностей, где изотермы идут почти вертикально.

В области малых давлений и больших удельных объемов разброс точек выявить трудно, так как экспериментальные точки расположены на значительном расстоянии друг от друга.

Следует особо отметить хорошее взаимное соответствие точек на изотермах 369, 371 и 372°C . Разброс точек на этих изотермах также незначителен, и, если учесть, что предварительная проверка работы установки показала отсутствие систематических ошибок, можно предполагать, что точность полученных данных весьма высока.

В настоящее время продолжается дальнейшее исследование экспериментальных значений удельных объемов тяжелой воды. Отсутствие аналогичного экспериментального материала не позволяет провести непосредственное сопоставление.

Опубликованные в литературе данные Бриджмена по удельным объемам тяжелой воды (л.7) относятся к области других параметров, а именно - малых температур и больших давлений. Опубликованная в 1955 году работа (л.8) охватывает интервал температур только от 95 до 160°C .

-12-

Таким образом, принадлежащие в настоящей работе данные являются единственными в указанном диапазоне температур и давлений.

Значения давлений насыщения тяжелой воды Таблица № 1

t °C	300	350	360	369	371
P оптическое ата	88,72	171,80	193,93	216,40	221,46
	88,67	171,80	193,92	216,36	221,42
	88,71	171,66	193,90		
P среднее ата	88,70	171,75	193,92	216,38	221,44

Экспериментальные значения удельных объемов
тяжелой воды Таблица № 2

250°C		300°C		350°C		360°C	
P , $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	V , $\frac{\text{см}^3}{\text{г}}$						
1	2	3	4	5	6	7	8
81,87	I,123	86,64	I9,21	89,38	24,02	74,29	31,II
194,87	I,106	88,71	4,092	147,61	II,12	135,68	I3,88
300,03	I,092	88,67	2,412	171,62	4,784	167,..	9,392
397,57	I,081	88,72	I,618	171,66	3,553	191,88	6,II3
497,25	I,070	I03,78	I,268	171,80	2,060	193,90	4,005
		I73,16	I,243	171,80	I,647	193,92	2,50I
		242,28	I,223	186,63	I,560	193,93	I,822
		310,33	I,205	222,30	I,498	216,07	I,645
		400,41	I,185	262,28	I,45I	25I,64	I,559
				312,37	I,409	29I,23	I,50I
				374,03	I,370	34I,92	I,449
				425,96	I,343	384,90	I,416
				496,75	I,313	432,82	I,386
						496,43	I,353

-13-

Таблица № 2
(продолжение)

369°C		371°C		372°C		380°C	
P, $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	V, $\frac{\text{см}^3}{\text{г}}$						
77,87	30,14	120,84	17,42	93,94	24,24	91,37	25,68
126,25	16,21	171,85	9,912	152,19	12,40	143,14	14,23
184,76	8,306	209,38	5,869	199,95	7,047	198,71	7,980
212,61	4,946	220,24	4,019	221,33	4,338	232,12	4,889
215,70	3,742	221,42	2,976	224,14	2,819	244,06	3,140
216,13	2,858	221,46	2,542	227,25	2,089	251,82	2,270
216,36	2,416	221,56	2,405	252,15	1,774	270,63	1,918
216,40	2,277	221,62	2,289	282,64	1,659	292,49	1,781
217,69	2,012	223,81	2,051	332,97	1,561	325,95	1,673
233,08	1,794	237,69	1,834	378,14	1,505	354,94	1,612
254,03	1,683	280,35	1,648	433,30	1,453	391,66	1,558
296,88	1,585	330,89	1,551	496,54	1,412	447,36	1,497
338,28	1,523	406,33	1,468			497,95	1,455
385,75	1,473	496,27	1,405				
436,16	1,433						
498,64	1,393						

- I4 -

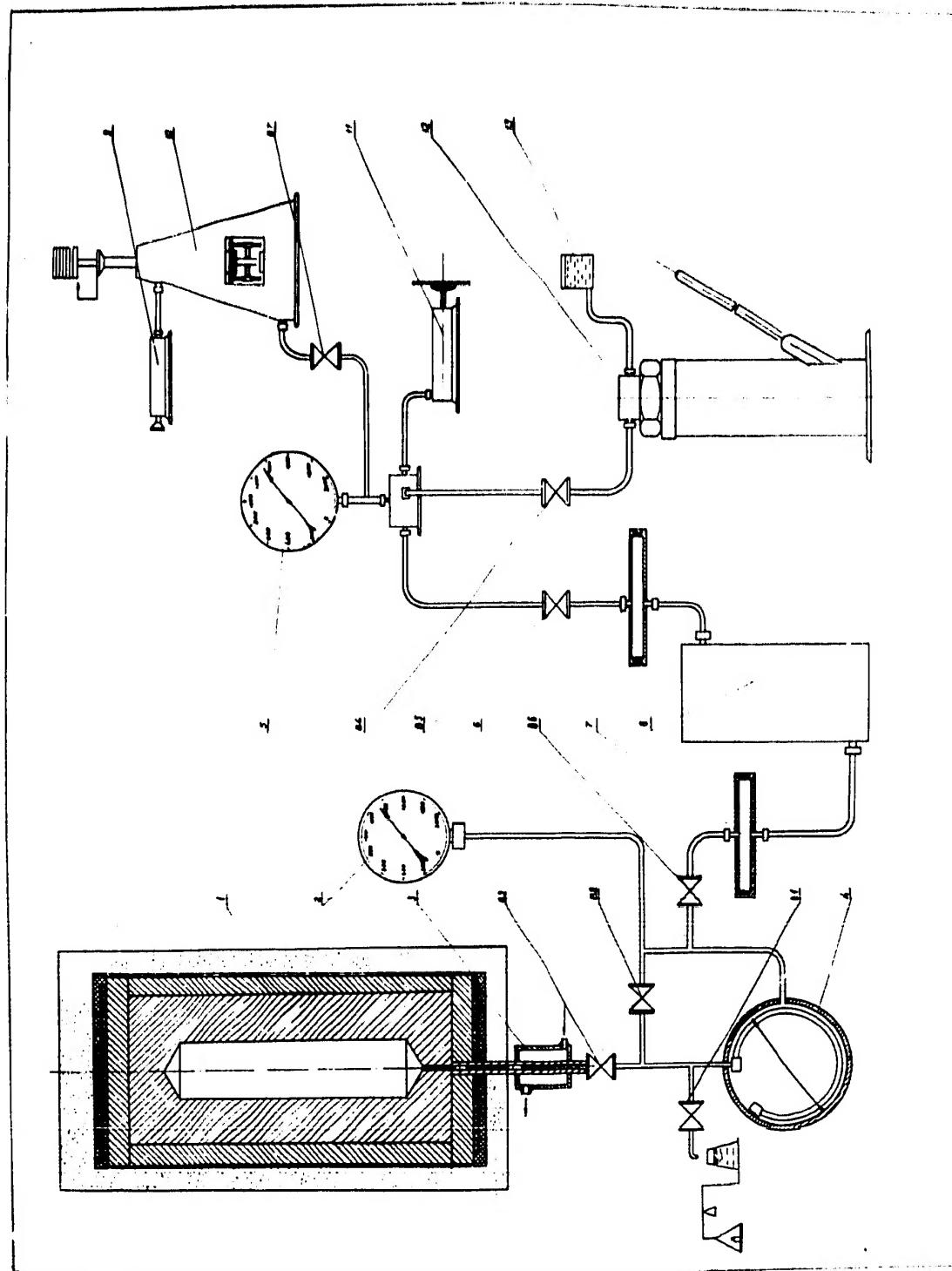
Таблица № 2
(продолжение)

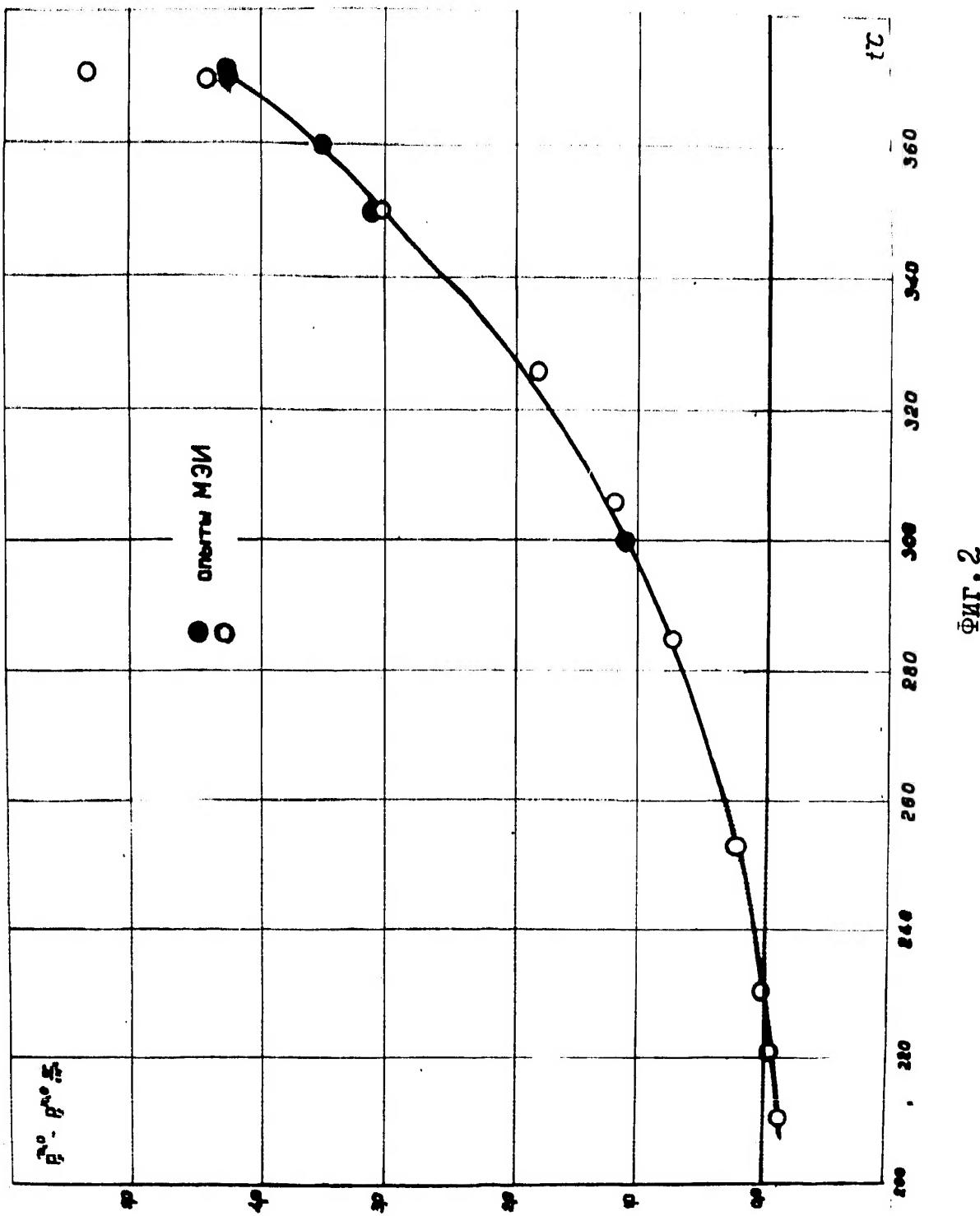
400°C		450°C		500°C	
P kg cm ⁻²	V cm ³ g	P kg cm ⁻²	V cm ³ g	P kg cm ⁻²	V cm ³ g
91,87	26,91	91,17	30,37	83,12	36,80
142,24	15,58	138,21	18,81	149,74	19,23
190,19	10,13	172,81	14,27	201,73	13,52
246,46	6,030	226,64	9,884	250,27	10,31
279,40	4,034	274,08	7,382	293,13	8,334
297,71	3,031	314,01	5,826	328,61	7,090
316,39	2,410	345,15	4,848	364,07	6,091
351,38	1,992	394,29	3,651	395,86	5,350
378,03	1,855	452,41	2,754	422,01	4,832
418,64	1,730	482,81	2,469	449,34	4,363
460,14	1,649	504,02	2,322	474,53	3,989
509,32	1,582			500,74	3,652

-I5-

1. Journal Am.Chem.Soc., 1933, 55, 2616
2. Journal Am.Chem.Soc., 1933, 55, 3057
3. Journal Am.Chem.Soc., 1936, 58, 1067
4. Z.phys. Chem., 1936, 33, 120
5. Journal Am.Chem.Soc., 1956, 78, No 3, 561
6. Journal Phys.Chem., 1935, B28, 408; 1935, B30, 61
7. Journal Chem.Phys., 1930, 2, 597
8. Zeitschrift für Naturforschung, 1955, 10a, No 9/10, 799

Фиг. 1





ФИГ. 3

